Incidence des déformations squelettiques chez trois espèces de Gobiidae de la lagune de Bizerte (Tunisie)

par

Ibtissem LOUIZ (1, 2), Domia MENIF (1), Mossadok BEN ATTIA (2) & Oum Kalthoum BEN HASSINE (1)

RÉSUMÉ. - Chez les gobies, *Gobius niger* (Linnaeus, 1758), *Gobius paganellus* (Linnaeus, 1758) et *Zosterisessor ophiocephalus* (Pallas, 1811), capturés dans la lagune de Bizerte, située à l'extrême nord-est de la Tunisie, nous avons noté la présence de cinq types d'anomalies vertébrales : une cyphose abdominale, une cyphose caudale, une lordose, une scoliose et un tassement des vertèbres. L'incidence de ces déformations varie de 21,3% à 37,6%. La comparaison, entre espèces, des pourcentages d'individus déformés ne montre pas de différences significatives entre *Zosterisessor ophiocephalus* (25,2%) et *Gobius niger* (21,3%) (p > 0,05). En revanche, *G. paganellus* montre un pourcentage beaucoup plus important que chez les deux autres espèces (37,6%) et possède un degré de déformation nettement supérieur à celui qui a été observé chez *Z. ophiocephalus* et chez *Gobius niger*. Chez *Gobius paganellus*, le pourcentage des femelles déformées est plus important que celui des mâles (p < 0,05, par test de Chi-deux). En revanche, chez *Zosterisessor ophiocephalus* et *G. niger*, le taux de déformations ne semble pas fluctuer selon le sexe. En outre, les types de déformations varient selon l'espèce. En effet, chez *Z. ophiocephalus* et *G. niger*, nous avons observé des tassements de vertèbres dans la région caudale. Ceux-ci sont absents chez *G. paganellus*. Ces résultats suggèrent que ces trois espèces de gobies réagiraient différemment vis-à-vis des conditions environnementales génératrices de stress et/ou de la pollution qui peuvent être les causes de ce type d'anomalie.

ABSTRACT. - Incidence of skeletal deformities in three species of Gobiidae from Bizerta lagoon (Tunisia).

Skeletal deformities are well described in cultured fish. This can be induced by a variety of factors including unfavorable biotic/abiotic conditions. However, in the natural environment their frequency is relatively low. The strong correlation of fish skeletal deformities with pollution and other environmental disturbances underlines the importance of their study and their use as an indicator of pollution. This study attempt to diagnose skeletal deformities associated with Gobiidae collected from Bizerta lagoon, which are exposed to several types of pollutants. Our study relates to the three most abundant species of gobies in the Bizerta lagoon, which are *Gobius niger* (Linnaeus, 1758), *G. paganellus* (Linnaeus, 1758) and *Zosterisessor ophiocephalus* (Pallas, 1811). Fish were collected from January to June 2005, with a small trawl. The prospected depths ranged from 0.5 to 4 m. 1,342 gobies were captured. Among them, 887 belonged to *G. niger*, 141 to *G. paganellus* and 314 to *Z. ophiocephalus*. Individual body weight, standard length and total length were measured. Samples were X-ray radiographed in order to identify possible skeletal anomalies. In order to know the degree of deformity, the depth of the curve (PC), which corresponds to the distance between the tangent with the apical vertebra and the line, which passes at the basis of the two vertebrae that limits the curve, was measured. Then, we calculated the ratio (PC/LS) x100, which represents the curve degree. Five types of vertebral anomalies were observed: abdominal kyphosis, caudal kyphosis, lordosis, scoliosis and vertebral column compression. The incidence of these deformations ranged from 21.3% to 37.5%, which are considered as high values comparatively to those obtained in recent works carried out on the gobies from Tagus and Sado estuaries in Portugal and from Karin Sea in the eastern Adriatic. Our study revealed that the percentage, the degree and the types of deformities were strongly related to species. Indeed, the percentages of deformed individuals did not show significant differences between *Z. ophiocephalus* (25.2%) and *G. niger* (21.3 %) (p > 0.05). On the other hand, *G. paganellus* showed significantly higher values for both deformity incidences (37.6 %) and deformity degree than those of *Z. ophiocephalus* and *G. niger*. Moreover, in *Z. ophiocephalus* and *G. niger* a compression of vertebrae was observed especially in the caudal region. This was absent from *G. paganellus* individuals. Concerning the difference related to sex, in *G. paganellus* the percentage of deformed females is significantly higher than that of males (p < 0.05). In *Z. ophiocephalus* and *G. niger* the rate of deformation was not sex-related. These results showed that the three gobiid species seem to react differentially to the environmental stress, which could be one of the causes implied in the incidence of this type of anomaly.

Key words. - Gobiidae - *Gobius niger* - *G. paganellus* - *Zosterisessor ophiocephalus* - Bizerta Lagoon - Skeletal deformation.

Les déformations squelettiques sont relativement bien décrites chez plusieurs espèces de poissons. Elles peuvent résulter d'une altération métabolique due à plusieurs facteurs (physiques, chimiques et biologiques) induisant des déviations irréversibles, naturelles ou induites, de la morphologie des poissons (Divanach *et al.*, 1996). Ces déformations sont généralement rares chez les populations sauvages mais relativement fréquentes chez celles d'élevage

(1) Unité de recherche de biologie, écologie et parasitologie des organismes aquatiques, Faculté des sciences de Tunis, 2092 El Manar, TUNISIE. [kalthoum.benhassine@gmail.com]

(2) Unité d'écotoxicométrie et chronobiométrie, Laboratoire de biosurveillance de l'environnement (LBE), Faculté des sciences de Bizerte, 7021 Zarzouna, TUNISIE. [louiz_i@webmails.com]

(Boglione *et al.*, 2001).

Les facteurs occasionnant des anomalies squelettiques chez les poissons peuvent aussi être génétiques (Afonso *et al.*, 2000 ; Sadler *et al.*, 2001) voire même épigénétiques. Ainsi, en pisciculture, où le phénomène est relativement fréquent (Boglione *et al.*, 2001), des problèmes nutritionnels (Cahu *et al.*, 2003) comme la déficience en acide ascorbique (Sato *et al.*, 1983 ; Dabrowski *et al.*, 1990), en tryptophane (Akiyama *et al.*, 1986), en phospholipides et en minéraux, ou un excès en acide rétinoïque (Cobcroft *et al.*, 2001 ; Sæle *et al.*, 2003) peuvent générer des malformations osseuses. Les conditions environnementales peuvent également contribuer aux déformations squelettiques en provoquant, notamment pendant le développement larvaire du poisson, un traumatisme qui peut être dû à la présence d'organismes pathogènes (Villeneuve *et al.*, 2005 ; Yokoyama *et al.*, 2004) et/ou à la détérioration des paramètres physico-chimiques du milieu tels que la luminosité, l'oxygène dissous, le pH, la température et la salinité (Frojnar, 1977 ; Johnson et Katavic, 1984 ; Ørnsrud *et al.*, 2004 ; Sfakianakis *et al.*, 2004).

Dans un environnement naturel, les déformations squelettiques sont plutôt rares (Boglione *et al.*, 2001) et, lorsqu'elles s'amplifient, traduisent généralement un déséquilibre environnemental qui peut être d'origine naturelle ou très souvent anthropique. En effet, plusieurs études ont montré que ce phénomène est fortement corrélé avec la pollution. Ainsi, une exposition à certaines substances toxiques, potentiellement tératogéniques telles que les herbicides et les pesticides organophosphorés (Koyama, 1996 ; McCann et Jasper, 1972), les carbamates, la dioxine (Teraoka *et al.*, 2002), les hydrocarbures polyaromatique (HAPs), les diphényles polychlorés (PCBs) (Olsson *et al.*, 1999) et les métaux lourds comme le zinc, le sélénium (Teh *et al.*, 2002), le plomb (Newsome et Piron, 1982) et le cadmium (Cheng *et al.*, 2000), peut altérer les processus de formation et de développement des os et entraîner par conséquent des malformations squelettiques plus ou moins importantes. Les déformations squelettiques chez les poissons sauvages étant le plus souvent liées directement ou indirectement à la pollution du milieu, elles peuvent représenter, de ce fait, un outil de surveillance biologique. Elles sont donc utilisées comme un indicateur de pollution (Bengtsson *et al.*, 1985 ; Lemly, 1997 ; Von Westernhagen et Dethlefsen, 1997).

Chez les gobies, poissons benthiques et généralement sédentaires qui constituent des composantes principales de plusieurs chaînes trophiques lagunaires, des déformations vertébrales ont été mentionnées chez cinq espèces, *Gobius niger*, *G. paganellus*, *Pomatoschistus microps* et *P. minutus* de l'estuaire du Tage et de l'estuaire de Sado au Portugal (Lopes da Cunha et Antunes 1999 ; Antunes et Lopes da Cunha, 2002) et *Zosterisessor ophiocephalus* de la mer de Karin à l'est de l'Adriatique (Dulčić, 2004). Ces espèces étant sédentaires, elles peuvent, comme tout organisme benthique sessile ou sédentaire, constituer de véritables indices biotiques pour l'évaluation de la salubrité du milieu où elles vivent (Ben Hassine *et al.*, 1999).

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés à l'étude des déformations vertébrales chez trois espèces de gobies sédentaires de la lagune de Bizerte. Il s'agit de *Gobius niger*, *G. paganellus* et *Zosterisessor ophiocephalus*.

La lagune de Bizerte, pourtant le siège d'importantes activités halieutique et conchylicole, constitue le réceptacle de rejets urbains et industriels de la région. De ce fait, divers polluants contaminent ses sédiments et ses masses d'eau : les métaux lourds (Yoshida *et al.*, 2002), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) (Trabelsi et Driss, 2005) et les biphényles polychlorés (PCBs) (Derouiche *et al.*, 2004). Leurs taux peuvent dépasser dans certaines zones les normes admises.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La lagune de Bizerte est située à l'extrême nord-est de la Tunisie. Elle occupe une superficie d'environ 1500 ha (Fig. 1). Sa profondeur varie de 0,5 à 12 m avec une moyenne de 7 m (Ghrabi *et al.*, 2002). Elle communique, au nord, avec la mer par un chenal rectiligne de 7 km de long et de 12 m de profondeur. Dans la partie ouest, elle est reliée au lac Ichkeul par l'oued Tinja qui l'alimente en eau douce, de façon irrégulière.

Des récoltes régulières de gobies ont été effectuées dans cette lagune entre janvier et juin 2005, à partir de six stations qui sont le Canal, Njila, Menzel Bourguiba, Maghrawa, Menzel Jemil, et Menzel Abderrahmen (Fig. 1). Les poissons ont été collectés au moyen d'un petit chalut, à des profondeurs allant de 0,5 à 4 m. Au total, 1342 gobies ont été

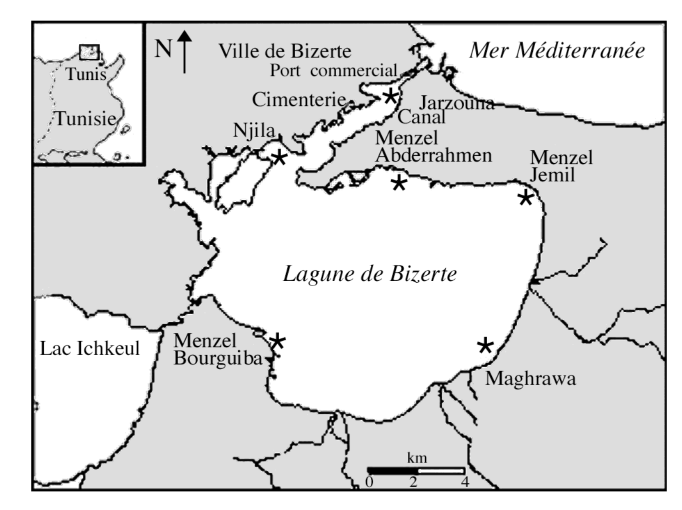


Figure 1. - Localisation des stations d'échantillonnage (★) dans la lagune de Bizerte. *[Localization of sampling stations (★) in Bizerte lagoon.]*

Tableau I. - Intervalles de variation de la longueur totale des gobies mâles et femelles des trois espèces rencontrées. *[Intervals of variation in total length in males and females of the three species of gobies.]*

	Longueur totale (mm)		
	G. niger	*G. paganellus*	*Z. ophiocephalus*
Femelle	30,90-132,00 (n = 381)	59,53-135,00 (n = 89)	49,95-139,00 (n = 155)
Mâle	36,97-157,00 (n = 506)	48,50-127,00 (n = 52)	56,93-170,00 (n = 159)
Total	36,97-157,00 (n = 887)	48,58-135,00 (n = 141)	49,95-170,00 (n = 314)

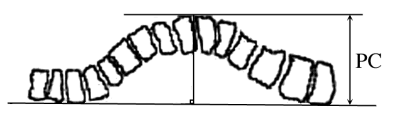
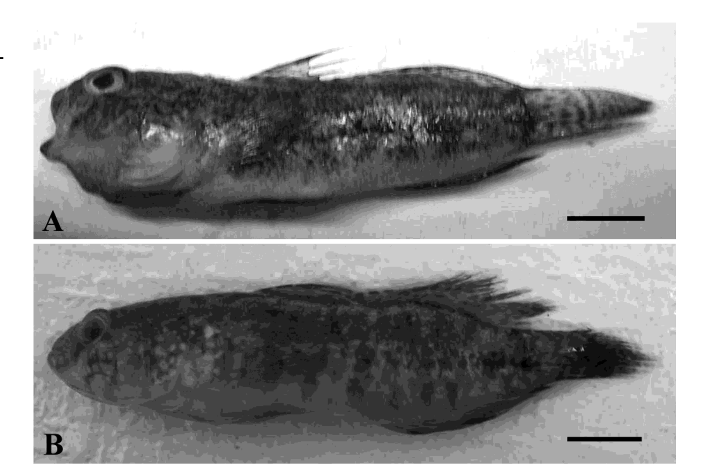


Figure 2. - Méthode de mesure de la profondeur de la courbure (PC). *[Localization of the measurement. PC: depth of the curve.]*



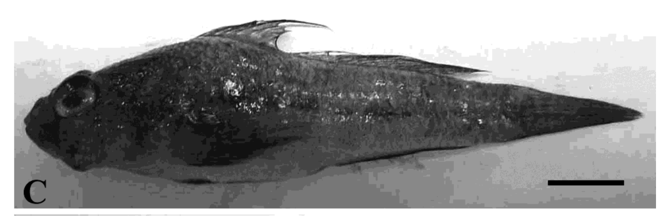




Figure 3. - Différents types de déformations squelettiques. Tassement des vertèbres chez *Gobius niger* (**A**) et *Zosterisessor ophiocephalus* (**B**) ; Cyphose abdominale chez *G. niger* (**C**) ; Cyphose abdominale et caudale chez *G. paganellus* (**D**). Échelle = 1 cm. *[Various types of skeletal deformations. Vertebral column compression in* G. niger *(**A**) and* Z. ophiocephalus *(**B**); Abdominal kyphosis in* G. niger *(**C**); Abdominal and caudal kyphosis in* G. paganellus *(**D**). Scale bar = 1 cm.]*

capturés parmi lesquels 887 *Gobius niger*, 141 *G. paganellus* et 314 *Zosterisessor ophiocephalus*. La longueur totale moyenne des poissons examinés est de 84,45 mm ± 22,2 (Tab. I). Les poissons ont été mesurés, triés selon le sexe et, par la suite, radiographiés afin d'identifier les éventuelles anomalies squelettiques.

Pour évaluer le degré de l'anomalie chez les individus déformés, nous avons mesuré la profondeur de la courbure de la colonne vertébrale (PC). Celle-ci correspond à la distance entre la tangente à la vertèbre apicale et une droite qui passe à la base des deux vertèbres limitant la courbure. Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un pied à coulisse digital dont la précision est de l'ordre de 0,01 mm. Nous avons calculé, ensuite, le degré de courbure (DC) selon la formule suivante : DC = (PC/LS) x 100 (LS = longueur standard du poisson) (Fig. 2).

Les résultats sont présentés soit sous forme de pourcentages, soit sous forme de moyennes (± SD) et les mesures réalisées ont été répétées trois fois. Le test de Chi-deux de Bravais Pearson et le tableau de contingence ont été utilisés pour la comparaison des données qualitatives. L'analyse de variances (Anova) à un facteur contrôlé et le test de Fisher (test *ad hoc* post-Anova de la plus petite différence significative, PLSD) ont été utilisés pour la comparaison des données quantitatives. La différence est considérée significative lorsque $p < 0,05$.

RÉSULTATS

Cinq types d'anomalies vertébrales ont été observées chez les gobies collectés dans la lagune de Bizerte : une cyphose abdominale (déviation de la colonne vertébrale à convexité postérieure au niveau de l'abdomen), une cyphose caudale (déviation de la colonne vertébrale à convexité postérieure au niveau de la région caudale), une lordose (cambrure de la colonne vertébrale à convexité antérieure), une scoliose (déviation latérale de l'épine dorsale) et un tassement des vertèbres (Figs 3, 4).

Chez *Gobius niger*, 189 individus sur 887 présentent des déformations vertébrales, soit 21,3%. Tandis que chez 141 spécimens de *G. paganellus*, 53 présentent des déformations c'est à dire 37,6%. Chez *Zosterisessor ophiocephalus*, pour un nombre total de 314 individus, 79 présentent des déformations, ce qui correspond à 25,2%. Chez les trois espèces le pourcentage des femelles déformées est plus élevé que celui des mâles. Cependant, le taux de déformation ne semble être lié au sexe que chez *Gobius paganellus* ($p < 0,05$ par le test Chi-deux) (Fig. 5).

De plus, l'analyse des résultats, tous sexes confondus,

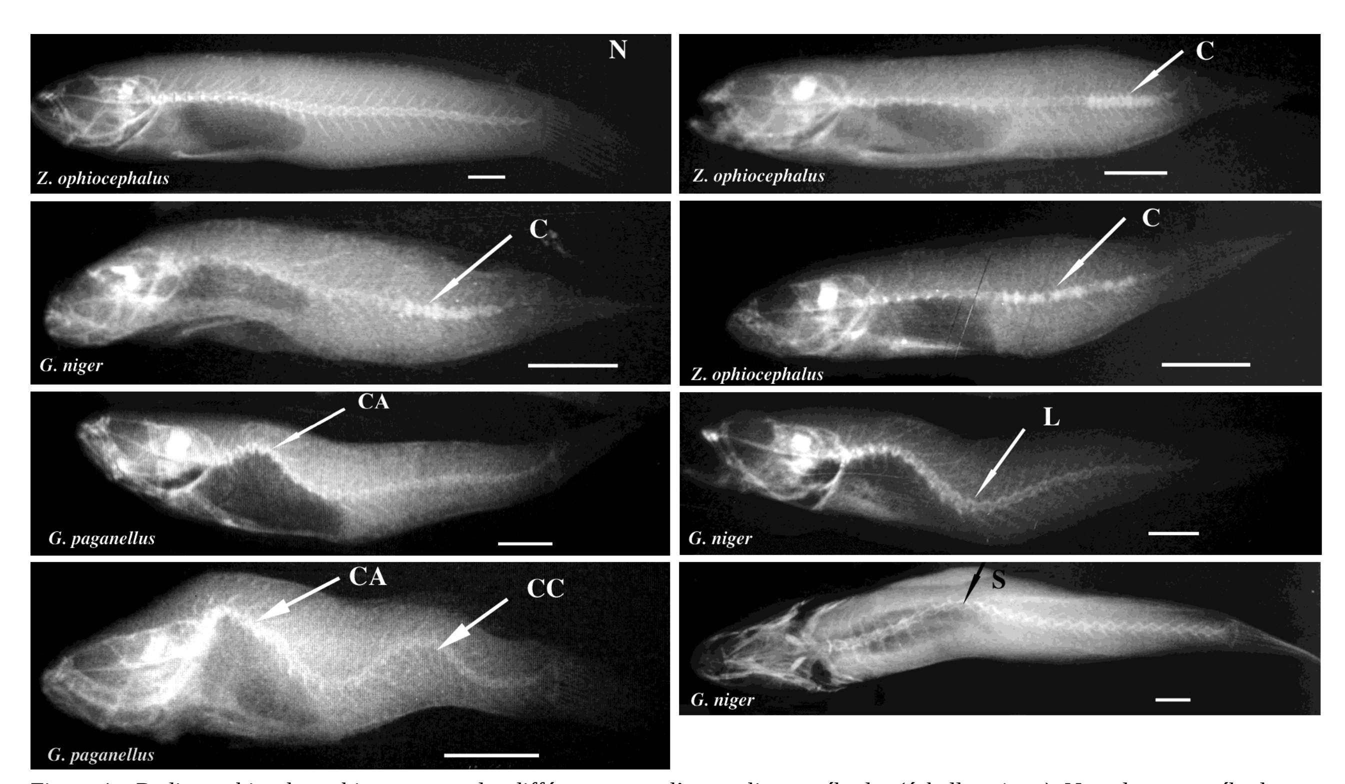


Figure 4. - Radiographies des gobies montrant les différents types d'anomalies vertébrales (échelle = 1 cm). N : colonne vertébrale normale ; CA : cyphose abdominale ; CC : cyphose caudale ; L : lordose chez *Gobius niger* ; S : scoliose ; C : tassement des vertèbres chez *Zosterisessor ophiocephalus*. *[Radiography showing the various types of vertebral anomalies in goby (scale bar = 1 cm). N: normal spinal column; C: compression of the vertebrae; CA: abdominal kyphosis; CC: caudal kyphosis; L: lordosis; S: scoliosis.]*

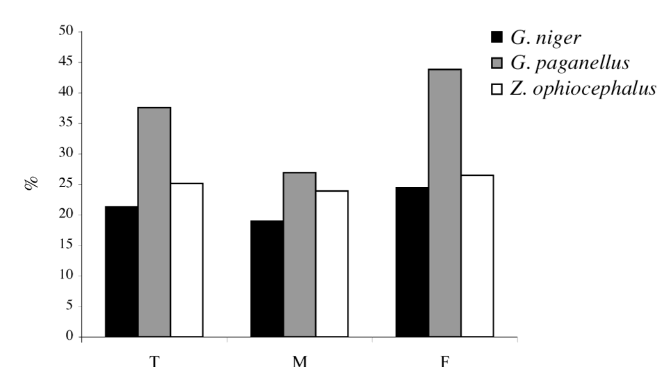


Figure 5. - Variations du pourcentage des individus déformés en fonction de l'espèce étudiée et du sexe des individus. T : tous sexes confondus ; M : mâles ; F : femelles. *[Percentage variations of deformed fish according to species and sex. T: irrespective of sex; M: male; F: female.]*

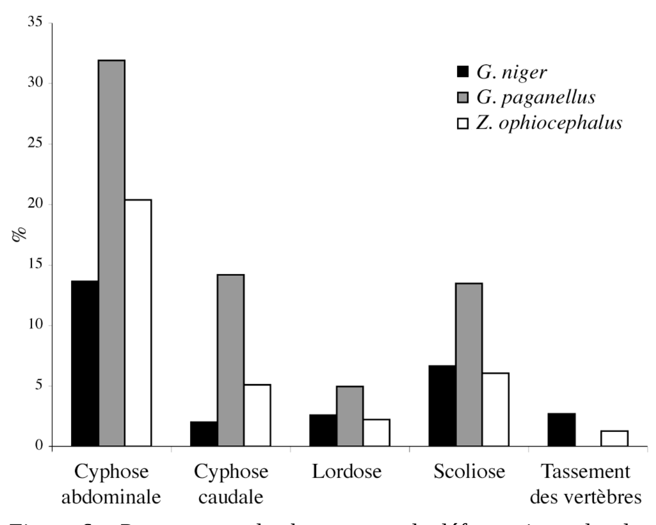


Figure 6. - Pourcentage de chaque type de déformation selon les espèces. *[Percentage of each type of deformation according to species.]*

révèle que le taux de déformation est plus important chez *Gobius paganellus* comparativement aux deux autres espèces ($p < 0,05$ pour *G. paganellus vs G. niger* ; $p < 0,05$ pour *G. paganellus vs Zosterisessor ophiocephalus*). En revanche, il n'existe pas de différence significative entre les taux de déformation chez *G. niger* et chez *Z. ophiocephalus* (Fig. 5).

Le pourcentage et le degré de chaque type d'anomalie diffèrent selon l'espèce. En effet, la cyphose abdominale représente l'anomalie la plus fréquente chez les trois espèces étudiées (Figs 6, 7). Les pourcentages de chacune des anomalies vertébrales sont significativement plus élevés chez *Gobius paganellus*, à l'exception du tassement des vertèbres qui semble être totalement absent chez cette espèce. *G. niger*

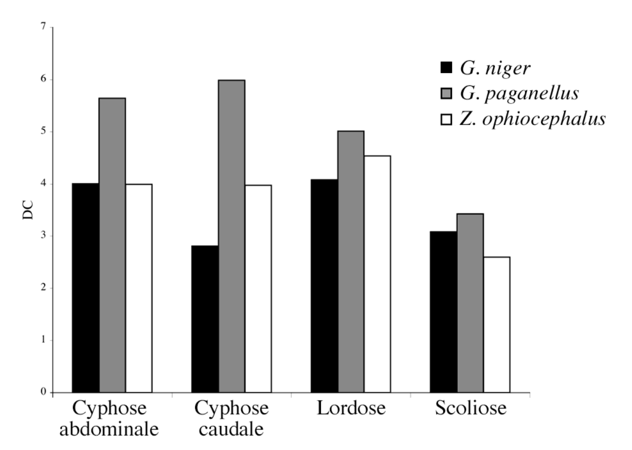


Figure 7. - Degré de courbure (DC) selon les espèces. *[Degree of curve according to species (DC).]*

présente les pourcentages de déformation les plus faibles hormis la scoliose, le tassement des vertèbres et la lordose (Fig. 6).

En outre, *Gobius paganellus* possède le degré de courbure le plus élevé et ce quel que soit le type d'anomalie. L'utilisation du test PLSD de Fisher révèle que le degré de courbure de *G. paganellus* est significativement différent de ceux des deux autres espèces et ce, uniquement pour deux anomalies sur quatre : la cyphose abdominale et la cyphose caudale (Fig. 7).

La longueur totale des gobies déformés varie de 46,5 à 157 mm chez *Gobius niger*, de 64,2 à 135 mm chez *G. paganellus* et de 56,2 à 166 mm chez *Zosterisessor ophiocephalus*. Quelle que soit l'espèce considérée, les déformations sont absentes chez les poissons de petite taille et le taux de déformation ne semble pas disparaître lorsque la taille augmente (Fig. 8). En effet, chez *G. niger* et *Z. ophiocephalus*, les déformations sont corrélées positivement avec les classes de taille et ce jusqu'à la classe de taille 160-169 mm, ($r = 0,82$; $p < 0,01$ pour *Z. ophiocephalus* et $r = 0,58$; $p < 0,05$ pour *G. niger*). Chez *G. paganellus*, les déformations vertébrales ne sont pas corrélées avec les classes de taille (Fig. 8).

Notons toutefois qu'il est très difficile de corréler la taille avec l'âge pour les gobies déformés. En effet, les anomalies vertébrales, quel que soit leur type, entraînent un raccourcissement du corps et une réduction de la longueur totale du poisson qui seront d'autant plus importants que le degré de l'anomalie est grand. Par conséquent, l'absence de corrélation taille/déformation chez *Gobius paganellus* serait probablement liée aux valeurs élevées du degré de courbure chez cette espèce (Fig. 8).

Concernant la coexistence des anomalies vertébrales, on remarque, chez *Gobius niger* et *Zosterisessor ophiocephalus*, que l'apparition de plus d'une anomalie augmente avec l'accroissement de la taille. En revanche, ceci n'est pas le cas chez *G. paganellus* (Fig. 9). Par ailleurs, la distribution spatiale des individus déformés de *G. niger* montre que la région de Menzel Bourguiba, zone industrielle où sont installés un complexe sidérurgique, un chantier naval et une décharge municipale, présente le taux le plus élevé de poissons déformés (35,5%). En revanche, le pourcentage le plus faible (7,7%) se rencontre dans la région de Maghrawa qui est située au sud-est de la lagune (Fig. 10). En effet, cette région montre le taux le plus faible de pollution dans la lagune de Bizerte et ne recèle aucune source de pollution directe. Concernant *G. paganellus* et *Z. ophiocephalus*, les effectifs dans chaque station sont insuffisants pour réaliser une étude statistique convenable.

DISCUSSION

La surveillance biologique est un moyen d'évaluer la santé des écosystèmes aquatiques et d'apprécier l'impact des

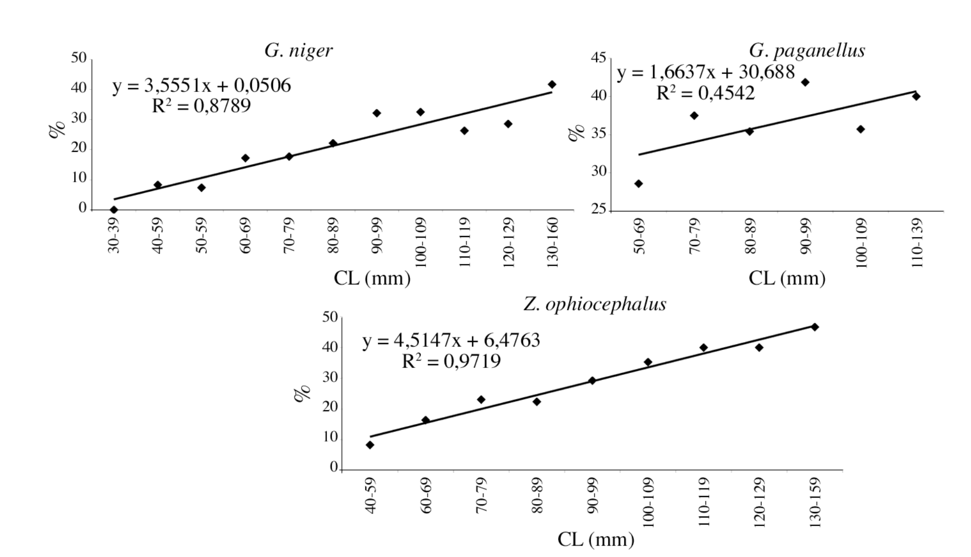


Figure 8. - Corrélation entre le taux d'individus déformés et les classes de taille selon les espèces. *[Correlation between the rate of the deformed goby and the length classes according to species.]*

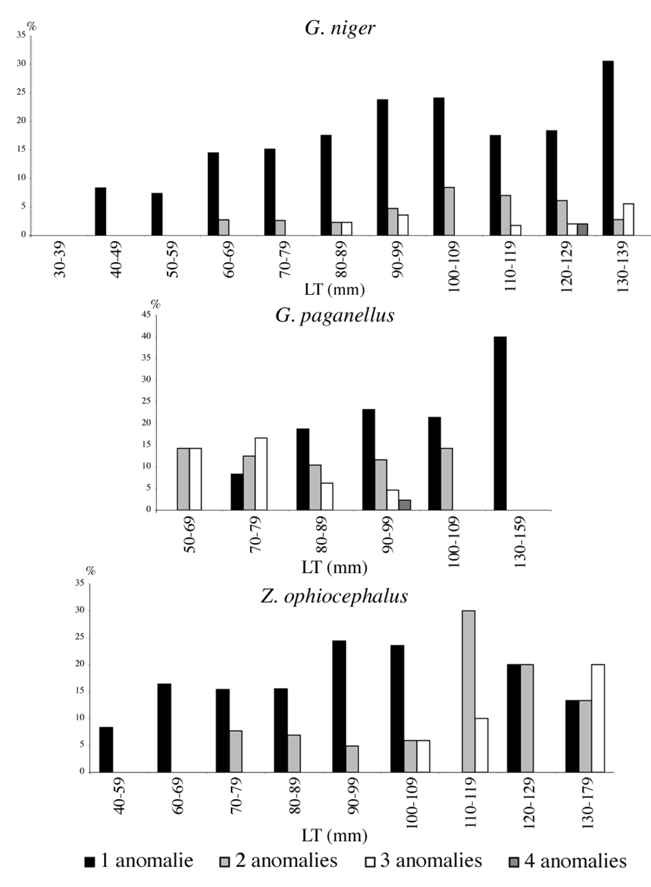


Figure 9. - Nombre d'anomalies vertébrales par individu en fonction des classes de taille et selon les espèces. *[Number of vertebral anomalies per individual according to length classes and species.]*

activités anthropiques sur ces systèmes. Dans la plupart des cas, l'identification de facteurs impliqués dans les interactions faune/milieu, conduit forcément à l'obtention d'un ensemble complexe de données qui sont par nature multivariées. Cependant, le choix ciblé d'un nombre restreint de descripteurs peut permettre d'apprécier l'état d'un environnement.

Ainsi, les anomalies squelettiques chez les gobies peuvent servir de biomarqueurs de toxicité qui peuvent être utilisés pour connaître et apprécier l'impact des polluants sur les populations naturelles de poissons (Bengtsson *et al.*, 1985 ; Lemly, 1997 ; von Westernhagen et Dethlefsen, 1997). C'est dans ce cadre que nous avons choisi d'étudier les déformations vertébrales chez les gobies pour apprécier l'état de l'écosystème de la lagune de Bizerte.

Les résultats obtenus montrent la fréquence des gobies déformés (21,3% à 37,6%). Ceci constituerait un problème environnemental qui, selon l'indice d'intégrité biotique de Karr (Karr *et al.*, 1986 *in* Lopes da Cunha et Antunes, 1999), serait étroitement lié au déséquilibre de cet écosystème lagunaire. L'incidence de ces déformations dépend de l'espèce, du sexe et des classes de taille. Ces résultats sont en concordance avec ceux qui ont été obtenus pour les gobies de l'estuaire du Tage, de l'estuaire de Sado au Portugal et de la mer de Karin à l'est de l'Adriatique (Lopes da Cunha et Antunes 1999 ; Antunes et Lopes da Cunha 2002 ; Dulčić, 2004).

En outre, les déformations vertébrales chez les gobies de la lagune de Bizerte n'apparaissent pas chez les individus de taille inférieure à 46,5 mm. Elles sont, de plus, polymorphes et non liées à des vertèbres spécifiques. Elles semblent donc avoir une origine environnementale (déséquilibre de l'écosystème) plutôt que génétique (Koumoundouros *et al.*,

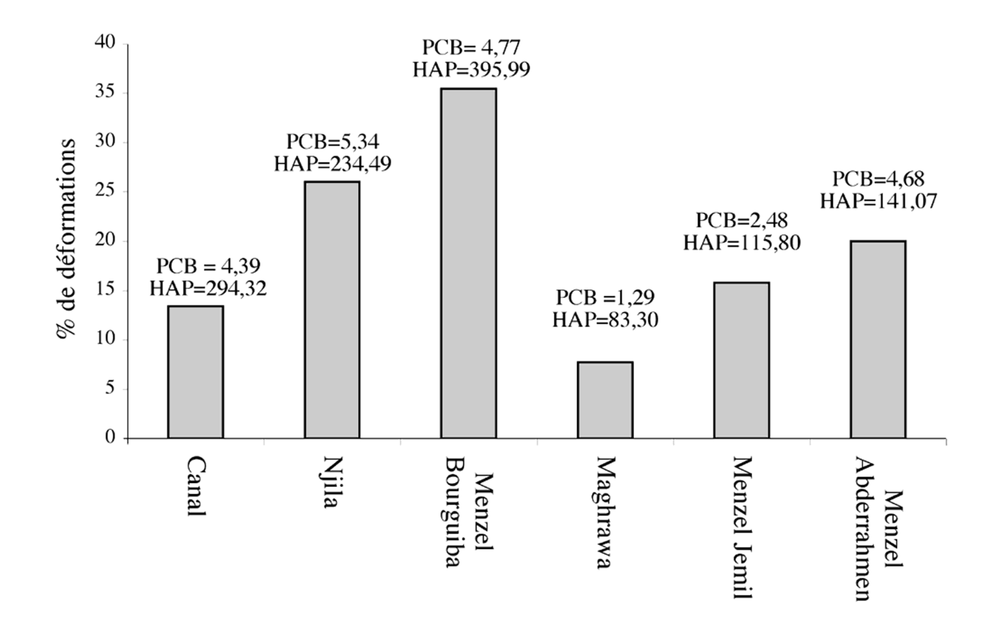


Figure 10. - Variations spatiales des pourcentages de *Gobius niger* déformés et le taux de contamination des sédiments par les PCBs et les HAPs ($ng.g^{-1}$ de poids sec) selon Derouiche *et al.* (2004) et Trabelsi et Driss (2005). Pour la localisation des stations, voir figure 1. *[Spatial variations of deformity percentage in* G. niger *and concentration of PCB and HAP in sediment ($ng.g^{-1}$, dry weight). For stations location see figure 1.]*

2002). Par conséquent, l'implication directe des facteurs génétiques dans l'apparition des anomalies squelettiques chez les gobies semble faible. Cependant, la participation indirecte des facteurs génétiques par interaction avec l'environnement n'est pas tout à fait exclue, en raison des différences observées des taux de déformation et des degrés de courbure entre les trois espèces étudiées.

Antunes et Lopes da Cunha (2002) et Dulčić (2004) ont observé une diminution du taux des gobies déformés dans les grandes classes de taille, ce qui n'est pas le cas des gobies de la lagune de Bizerte. Dans ces localités des côtes portugaises et adriatiques, les déformations provoqueraient la mortalité d'un certain nombre de jeunes gobies. En revanche, dans la lagune de Bizerte, non seulement ces déformations ne semblent pas impliquées dans la mortalité des jeunes mais augmentent avec l'âge des poissons. Dans ce cas, leurs causes méritent d'être élucidées surtout que selon Lemly (1985), ce type de déformation serait souvent associé à un retard de la croissance et à une réduction de la capacité de natation. Cette dernière entraînerait une susceptibilité accrue à la prédation. Dans la lagune de Bizerte, *Dicentrarchus labrax*, *Anguilla anguilla* et *Sepia officinalis* sont les prédateurs les plus fréquents des gobies.

Chez les gobies de la lagune de Bizerte, nous avons noté une dominance des déformations squelettiques chez les femelles. Ceci est en désaccord avec les travaux antérieurs qui ont montré une dominance des anomalies chez les gobies mâles (Antunes et Lopes da Cunha, 2002 ; Dulčić, 2004).

Généralement, la déformation vertébrale chez les poissons est un phénomène multifactoriel et la détermination de son étiologie n'est pas évidente. Dans la lagune de Bizerte, la corrélation positive entre les classes de taille et le pourcentage de poissons présentant des déformations, ainsi que le nombre d'anomalies par individu, suggère l'existence probable d'une altération métabolique causée par les conditions environnementales défavorables, notamment par la pollution. En effet, les sédiments de cette lagune renferment un grand nombre de polluants tel que les métaux lourds (Yoshida *et al.*, 2002), les PCBs (Derouiche *et al.*, 2004) et les HAPs (Trabelsi et Driss, 2005) qui dépassent dans certaines stations les valeurs des seuils admissibles. En outre, la variation spatiale des pourcentages de *Gobius niger* déformés collectés dans le cadre du présent travail semble être corrélé avec le taux de contamination des sédiments par les PCBs et les HAPs déterminé par Derouiche *et al.* (2004) et Trabelsi et Driss (2005) dans la lagune de Bizerte. Par ailleurs, les concentrations des métaux lourds dans les sédiments de la lagune montrent des valeurs importantes dans la région orientale et plus particulièrement dans la zone de Menzel Bourguiba (Yoshida *et al.* 2002), ce qui coïncide également avec le site renfermant le taux le plus élevé de déformations.

Ces résultats mettent en évidence une corrélation entre les déformations vertébrales chez les gobies noirs de la lagune de Bizerte et les concentrations des polluants dans le milieu. Par conséquent, l'augmentation des poissons déformés et du nombre de déformations par individu serait probablement en rapport avec le temps d'exposition des gobies aux polluants et le degré de bioaccumulation des contaminants par voie trophique (Kim *et al.*, 2002), d'où leur occurrence chez les gobies de grandes classes de taille.

Acknowledgement. - Les auteurs remercient R. Toumi de l'hôpital de Bizerte Habib Bou Gatfa qui a radiographié les spécimens.

RÉFÉRENCES

AFONSO J.M., MONTERO D., ROBAINA L., ASTORGA N., IZQUIERDO M.S. & R. GINES, 2000. - Association of lordosis - scoliosis - kyphosis deformity in gilthead seabream (*Sparus aurata*) with family structure. *Fish Physiol. Biochem.*, 22: 159-163.

AKIYAMA T., MURAI T. & K. MORI, 1986. - Role of tryptophan metabolites in inhibition of spinal deformity of chum salmon fry caused by tryptophan deficiency. *Nippon Suisan Gakkaishi.*, 52: 1255-1259.

ANTUNES M.M. & P. LOPES DA CUNHA, 2002. - Skeletal anomalies in *Gobius niger* (Gobiidae) from Sado estuary, Portugal. *Cybium*, 26(3): 179-184.

BENGTSSON B-E., BENGTSSON A. & M. HIMBERG, 1985. - Fish deformities and pollution in some swedish waters. *Ambio*, 14(1): 32-35.

BEN HASSINE O.K., BENMANSOUR B., NEIFAR L., BAHRI L., HAJJI T., CHAOUCHI B., LABAIED M. & M. MAJED, 1999. - L'état de la biodiversité dans les sites à activité halieutique du littoral est de la Tunisie. L'Homme et la mer, I. *Cah. C.E.R.S., sér. Géogr.*, 21: 277-333.

BOGLIONE C., GAGLIARDI F., SCARDI M. & S. CAUTAUDELLA, 2001. - Skeletal descriptors and quality assessment in larvae and postlarvae of wild-caught and hatchery-reared gilthead sea bream (*Sparus aurata* L. 1758). *Aquaculture*, 192: 1-22.

CAHU C., INFANTE J.Z. & T. TAKEUCHI, 2003. - Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae. *Aquaculture*, 227: 245-258.

CHENG S.H., WAI AWK, SO CH & RSS WU, 2000. - Cellular and molecular basis of cadmium-induced deformities in zebrafish embryos. *Environ. Toxicol. Chem.*, 19: 3024-3031.

COBCROFT J.M., PANKHURST P.M., SADLER J. & P.R. HART, 2001. - Jaw development and malformation in cultured striped trumpeter *Latris lineata*. *Aquaculture*, 199: 267-282.

DABROWSKI K., EL-FIKY N., KOCK G., FRIGG M. & W. WIESER, 1990. - Requirement of ascorbic acid and ascorbic sulfate in juvenile rainbow trout. *Aquaculture*, 91: 317-337.

DEROUICHE A., SANDA Y.G. & M.R. DRISS, 2004. - Polychlorinated biphenyls in sediments from Bizerte Lagoon, Tunisia. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 73: 810-817.

DIVANACH P., BOGLIONE C., MENU B., KOUMOUNDOUROS G., KENTOURI M. & S. CATAUDELLA, 1996. - Abnormalities in finfish mariculture: An overview of the problem, causes and solutions. *In*: Seabass and Seabream Culture: Problems and Prospects (Chatain B., Saroglia M., Sweetman J. & P. Lavens, eds), pp. 45-66. Oostende, Belgium.

DULČIĆ J., 2004. - Incidence of spinal deformities in natural populations of grass goby, *Zosterisessor ophiocephalus* from the Karin Sea, Eastern Middle Adriatic. *Cybium*, 28(1): 7-11.

FROJNAR J.R., 1977. - Egg and larval survival of white suckers (*Catostomus commersoni*) at low pH. *J. Fish. Res. Board Can.*, 34: 262-266.

GHRABI A., YOSHIDA M. & SHIPBOARD SCIENTISTS TEAM OF RPP-SEPMCL LEG BIZERTE, 2002. - Off-shore Sampling Survey of Bizerte Lagoon, March 2002. Leg-related information and *in situ* observation data. Etude de la pollution environnementale des lagunes côtières en Tunisie (RPP-SEPMCL). Cas du lac de Bizerte. RPP-SEPMCL Initial Report 2002: 1-12.

JOHNSON D.W. & I. KATAVIC, 1984. - Mortality, growth and swim bladder stress syndrome of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae under varied environmental conditions. *Aquaculture*, 38: 67-78.

KARR J.R., FAUSH K.D., ANGERMEIER P.L., YANT P.R. & I.J. SCLOSSER, 1986. - Assessing biological integrity in running method and its rationale. *Illinois Natural History Survey*, sp. publ., 5, 28 p.

KIM S.K., LEE D.S. & J.R. OH, 2002. - Characteristics of trophic transfer of polychlorinated biphenyls in marine organisms in incheon north harbor, Korea. *Environ. Toxicol. Chem.*, 21(4): 834-841.

KOUMOUNDOUROS G., MAINGOT E., DIVANACH P. & M. KENTOURI, 2002. - Kyphosis in reared sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): Ontogeny and effects on mortality. *Aquaculture*, 209: 49-58.

KOYAMA J., 1996. - Vertebral deformity susceptibilities of marine fishes exposed to herbicide. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 56: 655-662.

LEMLY A.D., 1985. - Toxicology of selenium in a freshwater reservoir: Implications for environmental hazard evaluation and safety. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 10: 314-338.

LEMLY A.D., 1997. - A teratogenic deformity index for evaluating impacts of selenium on fish populations. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 37(3): 259-266.

LOPES DA CUNHA P. & M.M. ANTUNES, 1999. - Occurrence of vertebral deformities in Gobiidae (pisces) from the Tagues estuary. *Aquat. Ecol.*, 33: 281-285.

MCCANN J.A. & R.L. JASPER, 1972. - Vertebral damage to bluegills exposed to acutely toxic levels of pesticides. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 101: 317-322.

NEWSOME C.S. & R.D. PIRON, 1982. - Aetiology of skeletal deformities in the Zebra Danio fish (*Brachydanio rerio*, Hamilton-Buchanan). *J. Fish. Biol.*, 21: 231-237.

OLSSON P.E., WESTERLUND L., TEH S.J., BILLSSON K., BERG A.H., TYSKLIND M., NILSSON J., ERIKSSON L.O. & D.E. HINTON, 1999. - Effects of maternal exposure to estrogen and PCB on different life stages of zebrafish (*Danio rerio*). *Ambio*, 28: 100-106.

ØRNSRUD R., GIL L. & R. WAAGBØ, 2004 .- Teratogenicity of elevated egg incubation temperature and egg vitamin A status in Atlantic salmon, *Salmo salar L. J. Fish Dis.*, 27: 213-223.

SADLER J., PANKHURST P.M. & H.R. KING, 2001. - High prevalence of skeletal deformity and reduced gill surface area in triploid Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Aquaculture*, 198: 369-386.

SÆLE Ø., SOLBAKKEN J.S., WATANABE K., HAMRE K. & K. PITTMAN, 2003. - The effect of diet on ossification and eye migration in Atlantic halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture*, 220: 683-696.

SATO M., KONDO T., YOSHINAKA R. & S. IDEDA, 1983. - Effect of water temperature on the skeletal deformity in ascorbic acid-deficient rainbow trout. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 49: 443-446.

SFAKIANAKIS D.G., KOUMOUNDOUROS G., DIVANACH P. & M. KENTOURI, 2004. - Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Pagellus erythrinus* (L. 1758). Temperature effect on the developmental plasticity and morpho-anatomical abnormalities. *Aquaculture*, 232: 407-424.

TEH S.J., DENG X., TEH F. & S.O. HUNG, 2002. - Selenium-induced teratogenicity in Sacramento splittail (*Pogonichthys macrolepidotus*). *Mar. Environ. Res.*, 54: 605-608.

TERAOKA H., DONG W., OGAWA S., TSUKIYAMA S., OKUHARA Y., NIIYAMA M., UENO N., PETERSON R. & T. HIRAGA, 2002. - 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin toxicity in the zebrafish embryo: altered regional blood flow and impaired lower jaw development. *Toxicol. Sci.*, 65: 192-199.

TRABELSI S. & M.R. DRISS, 2005. - Polycyclic aromatic hydrocarbons in superficial coastal sediments from Bizerte Lagoon, Tunisia. *Mar. Poll. Bull.*, 50: 344-349.

VILLENEUVE D.L., CURTIS L.R., JENKINS J.J., WARNER K.E., TILTON F., KENT M.L., WATRAL V.G., CUNNINGHAM M.E., MARKLE D.F., SETHAJINTANIN D., KRISSANAKRIANGKRAI O., JOHNSON E.R., GROVE R. & K.A. ANDERSON, 2005. - Environmental stresses and skeletal deformities in fish from the Willamette River, Oregon. *Environ. Sci. Technol.*, 39: 3495-3506.

VON WESTERNHAGEN B.W. & V. DETHLEFSEN, 1997.- The use of malformations in pelagic fish embryos for pollution assessment. *Hydrobiologia*, 352: 241-250.

YOKOYAMA H., FREEMAN M.A., YOSHINAGA T. & K. OGAWA, 2004. - *Myxobolus buri*, the myxosporean parasite causing scoliosis of yellowtail, is synonymous with *Myxobolus acanthogobii* infecting the brain of the yellowfin goby. *Fish. Sci.*, 70: 1036-1042.

YOSHIDA M., HAMDI H., NASSER I.A. & N. JEDIDI, 2002. - Contamination of potentially toxic elements (PTEs) in Bizerte lagoon bottom sediments, surface sediment and sediment repository. RPP-SEPMCL Initial Report 2002: 13-48